

## 漆の美しさや質感を保った漆回路の開発

明神 優<sup>†</sup> 橋本 悠希<sup>†</sup> 志築 文太郎<sup>†</sup> 花田 信子<sup>†</sup> 山口 佳樹<sup>†</sup>

**概要:** 漆は、美しさのみならず、絶縁性や防水性などの有用な工学的特性を持ち合わせた、古来より日本文化に根ざした天然樹脂である。本研究では、漆を用いることで美しさや強さを兼ね備えた電子回路を構築することを提案している。本稿では、漆本来の美しさや手に馴染む質感の良さを保ったインタラクションが可能な漆回路を実現するため、漆剥離法を用いた漆膜表面の質感向上を試みた。また、配線パターンに使用する導電性塗料の硬化の高速化についても言及する。

### Development of *Urushi* Circuit that Keeps Original Beauty and Texture of *Urushi*

YU MYOJIN<sup>†</sup> YUKI HASHIMOTO<sup>†</sup> BUNTAROU SHIZUKI<sup>†</sup>  
NOBUKO HANADA<sup>†</sup> YOSHIKI YAMAGUTI<sup>†</sup>

**Abstract:** *Urushi* is a natural material that not only has decorative beauty but also has many useful features for engineering field, such as electrical resistance and water resistance. In this research, we proposed and developed an electronic circuit that combines beauty and strength by using the *Urushi*. In this paper, we propose a new method that improvement of texture of *Urushi* Circuit for interaction with human. We also describe accelerating of developing wiring pattern on *Urushi* surface.

#### 1. はじめに

近年、電子デバイス技術の進歩が著しく、ウェアラブルデバイス 1)やコミュニケーションロボット 2)、IoT デバイス 3)など、人とモノの関係性はより密接になっている。しかし、これらのデバイスは、長期使用のために過酷な環境に耐え、衛生面に対して極めて安全であることが必要となる。よって、人が直接触れる部分に対する素材を注意深く選び、しっかりと作りこなければ、機能不全を起こす、人体に悪影響を及ぼす等の可能性がある。特に電子回路は、人にとって有害な物質を多く含み、強度や耐性が低いことから、なるべく接触させないように外装で覆われてきた。

これに対して本研究では、電子回路自体を改善するという視点から問題解決を図ることを考え、漆を回路の絶縁基材として用いることを提案してきた 4)。漆は独特の美しさとしっくりと手に馴染む質感を持ち、長年にわたって日本文化に根ざした天然樹脂である。また、熱、酸、水に対する耐性などの多くの有用な特性を備えており、特に電気絶縁性に優れ、電子回路との親和性が高い 5, 6)。これらの特性を利用することで、安全・安心で環境に優しい電子回路(以下漆回路)が実現できると考えられる。また、漆の持つ美しさ、馴染み深さ、文化的価値から、漆回路を用いた電子デバイスは、先進技術に対して保守的な考えを持つ層に対しても高い所有感を与え、無理なく受け入れられるものと成り得る。

現在まで、漆の多層構造を利用した積層漆回路や、銀ペーストを用いた静電容量式タッチインタフェースを実現してきた 4,7)(図 1)。これを踏まえて本稿では、漆が手に馴染む質感の良さをインタラクションの中に組み込むため、漆内部に電子部品を埋め込み、人が直接触れる漆表面の質感向上を試みた。また、配線パターン作成を高速化するための紫外線照射システムを構築し、漆回路の実装効率を向上させた。

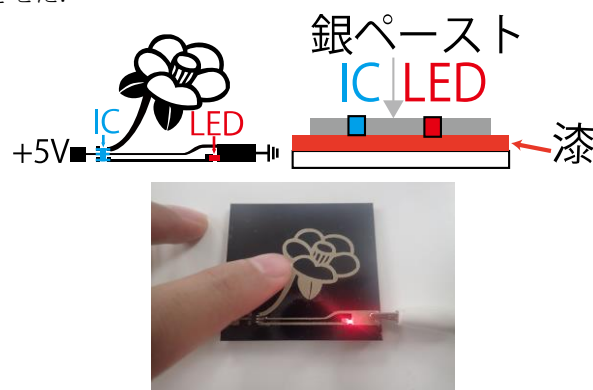


図 1 漆タッチインタフェース 4)

#### 2. 漆剥離法を用いた漆表面の質感向上

土岐らは、漆との接着力が比較的小さい塩化ビニルに漆を塗布した後、塩化ビニルから漆を剥離させることで均一な面を容易に作る手法を提案している 8)。本研究でも、漆回路に対してこの手法を用いることで、インタラクションの際に漆特有の質感の良さを感じさせることが期待できる(図 2)。

<sup>†</sup> 筑波大学  
University of Tsukuba

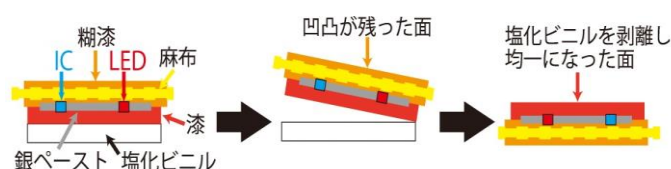


図2 漆剥離法の略図

予備実験として、生漆および接着力の強い糊漆(生漆と米糊を混ぜ合わせたもの)の2種類を用いた。素地には麻布、木質フィラメント製の板材を用いた。麻布は、乾漆技法(漆を接着剤として、布を張り合わせ固めたもの)に使用されているものである。木質フィラメントは、漆との密着性が高い木材を樹脂と混ぜ合わせた3Dプリンタの素材である。

表1 実験結果

| 条件           | 結果 | 原因・考察                   |
|--------------|----|-------------------------|
| ①木質フィラメント+糊漆 | ×  | 糊漆の量が多く内部まで硬化不足、糊の水分過多  |
| ②木質フィラメント+生漆 | ○  | 糊がなかった分、内部までスムーズに硬化     |
| ③麻布+糊漆       | ○  | 糊漆が布に浸透することで、硬化しやすくなった  |
| ④麻布+生漆       | ○  | 硬化はうまくいったが、端の辺がはがれにくかった |

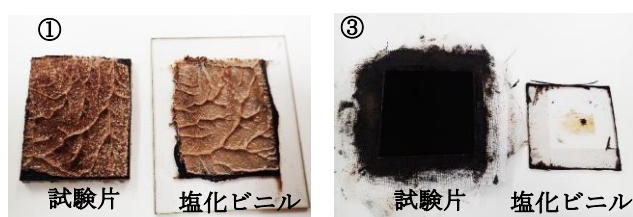


図3 ①と③の漆膜表面

実験結果(表1, 図3)より、②、③、④という組み合わせで、きれいに漆面が剥離できた。ただし、③に関しては、漆の硬化具合の違いで剥離しにくい部分もあった。原因は、糊漆の硬化不足が考えられる。これは、糊漆の製作課程における水分量や試験片への塗布時の分量を最適化することで解決できると考えられる。

### 3. 配線パターン作成の高速化

回路の配線パターン生成には紫外線照射により硬化する銀ペースト(UV-700SR1J)を使用し、シルクスクリーンによって塗布した。この方法をとるのは、配線を蒔絵として魅せる回路という付加価値が望めることと平面だけでなく曲面への対応もできるためである。

これまで銀ペーストの硬化には、AS ONE 製ハンディー UV ランプ LUV-4(波長: 365nm, 照度: 0.68mW/cm<sup>2</sup>, 距離 3cm 時)を使用していた。これは、照射面積が広い(74×47mm<sup>2</sup>)が、導通(平均抵抗値 3Ω 以下)するまでの硬化に約1日を要していた。

そこで新たに紫外線 LED アレイを用いた UV 照射器(New EPILEDs 60W UV Ultra Violet Purple High Power LED Light Lamp + CPU クーラー MONOCHROME PRO)を作成した(図4)(波長: 395nm, 照度: 約 1150mW/cm<sup>2</sup>, 距離 3cm 時)。本装置を用いて銀ペーストの硬化実験を行ったところ、約10分で導通(平均抵抗値 1Ω 以下)することを確認した。

本装置の照射範囲は従来装置よりも狭い(21×23mm<sup>2</sup>)ため、従来装置と同等の面積の銀ペーストを硬化するには約7回×10分=約70分必要となる。UV照射直後(距離 3cm, 10分間)に試験片をシンワ製放射温度計(B レーザーポイント機能付: 73010)で計測したところ、最高表面温度は 70℃前後であった。塗り漆の耐熱温度が 95℃程度 9)であることから、10分間という範囲内であれば、試験片への熱の影響は少なく連続照射可能だと考えられる。以上の結果から、本装置は従来装置から 70/24×60=約 1/20 の時間短縮を実現し、平均抵抗値も低く抑えることができることがわかった。

ただし現在、分割照射の際の位置決めは手作業で感覚的に行っている。そのため、広い範囲の銀ペーストを硬化させるには、上述した理論値よりも多くの時間が必要となっている。この問題に対し、試験片を自動で送る、治具によって正確に位置決めを行う等により、銀ペーストの硬化をさらに効率的に行うことが可能だと考えられる。

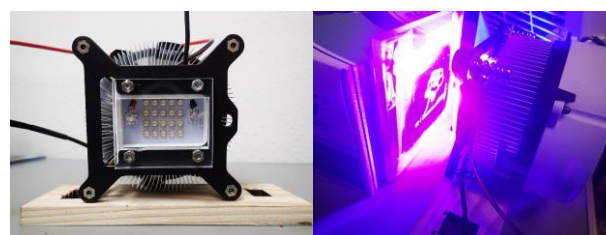


図4 左: LED UV 照射器 右: 銀ペースト硬化中の様子

### 4. 試作と動作確認

以上の検証を踏まえ、漆内部に回路と電子部品を埋め込んだタッチインタフェースの製作を以下の手順で行った。

- I. 塩化ビニルに対して、漆を塗布
- II. シルクスクリーンを用いて銀ペーストを塗布
- III. LED UV 照射機による銀ペーストの硬化
- IV. 電子部品(IC: TTP223-BA6, LED)の接着
- V. 漆を塗布し、回路全体を保護
- VI. 漆剥離法(条件③)を用いた漆膜表面の質感向上

作成した漆タッチインタフェースを図5に示す。IC や LED 部分の剥離が困難であったが人が直接触れる箇所に及んでいない。また、漆表面は、滑らかな状態であることを確認した。電子部品を実装した箇所の剥離が困難であった理由として、手順Iにおける漆の塗布を1回のみとしたことで、膜が薄く、脆くなってしまったことが挙げられる。今後、この塗布工程を2回以上に増やすことで、より安定した剥離が可能になると考えられる。



図5 剥離した直後の漆タッチインタフェース

## 5. おわりに

本稿での検証により、漆本来の美しさと質感の良さを保ったまま内部に機能を集約した漆回路の実現が可能であることが示された。しかし、糊漆の硬化不足、漆の剥離時のはがれにくさ、照射器の位置決めの不正確さという問題点が残された。

今後の展望として、糊漆の硬化不足に対しては、糊漆の配合分量調整や漆の硬化時間の延長を行い、漆の剥離時のはがれにくさに対しては、塩化ビニル側の漆膜を厚くするなどの漆剥離法の改善、照射器の位置決め方法の確立を行う。また、上述した問題点の解決と並行して、温度センサや圧力センサなど他のセンサを用いることでインタフェースとしての機能向上を目指す。

**謝辞** 本研究の一部は、電子回路基板技術振興財団の助成を受けて行った。

## 参考文献

- 1) NIKE, Inc., “NIKE+FUELBAND”,  
[http://www.nike.com/us/en\\_us/c/nikeplus-fuelband](http://www.nike.com/us/en_us/c/nikeplus-fuelband)
- 2) JIBO, The World’s First Social Robot for the Home.  
<https://www.indiegogo.com/projects/jibo-the-world-s-first-social-robot-for-the-home#/story>
- 3) SmartDesk: Worlds First Smart Standing Desk | Indiegogo  
<https://www.indiegogo.com/projects/smartdesk-world-s-first-smart-standing-desk#/>
- 4) Hashimoto Y., Koizumi N., Myojin Y., Shizuki B., Hanada N.: Urushi Circuit –Traditional Craft for HCI-, ACM CHI2015 Symposium on Emerging Japanese HCI Research Collection, Seoul/Korea, 2015/4/18.
- 5) 兵神装備株式会社：絶縁材料の性質, The Engineer’s Book, 172 (2011)
- 6) 四柳嘉章: 漆 I, 法政大学出版局 (2006).
- 7) 橋本悠希, 小泉直也: 漆をベースとした電子回路構築手法の基礎的検討, 計測自動制御学会論文集, Vol. 51, No. 1, pp. 64-71 (2015).
- 8) Kenji Toki Studio 漆 × 「…」, <http://kenjitoki.tumblr.com/>
- 9) 漆の耐熱温度について：千鳥 Blog,  
<http://ch1dor1.exblog.jp/12523827>